

ORIGINAL ARTICLE

pISSN 1598-3889 · eISSN 2234-0998
J Korean Soc Surg Hand 2011;16(2):57-63.

JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY FOR
SURGERY OF
THE HAND

AlloDerm®을 이용한 수부와 족부의 복합 개방성 창상의 치료

Treatment of Complex Open Wounds Using AlloDerm® in Hand and Foot

한형민¹ · 이동원¹ · 김석원² · 탁관철¹

연세대학교 의과대학 성형외과학교실
인체조직복원 연구소¹
연세대학교 원주의과대학 성형외과학교실²

접수일 2011년 4월 4일
수정일 2011년 4월 29일
게재확정일 2011년 5월 4일
교신저자 탁관철
서울특별시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 성형외과학교실
TEL 02-2228-2214 FAX 02-393-6947
E-mail kctark@yuhs.ac

* 본 논문은 제27차 대한수부외과 2009년 학술대회
구연발표 되었음.

This is an Open Access article distributed under the
terms of the Creative Commons Attribution Non-
Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-
commercial use, distribution, and reproduction in any
medium, provided the original work is properly cited.

목적: 인대나 골이 노출된 수부, 족부의 개방성 창상에 AlloDerm®과 함께 피부를 이식해서 기능적, 미용적으로 만족할 만한 재건 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

대상 및 방법: 수부와 족부의 연부 조직 결손으로 내원한 환자들 중 건이나 골, 골막 등이 노출되어 있으나, 피판을 사용할 수 없었던 11명의 환자(수부 7예, 족부 4예)를 대상으로 AlloDerm®과 피부이식술을 이용하여 재건하였다. 평균 추시 기간은 30개월(범위, 14-48개월)이었다. 수술 후 이식 조직의 생착, 상처 치유 과정, 수지의 운동 범위 회복을 조사하였다.

결과: AlloDerm®과 이식 피부는 모든 예에서 생착이 이루어졌다. 인지와 중지의 신전 건이 노출되었던 1예, 중지, 환지, 약지의 신전 건이 노출되었던 1예 등 도합 다섯 개 수지 모두의 굴곡, 신전 기능은 정상 측과 비교하여 평균 89.2% 회복하였다. 족부의 창상도 불안정한 반흔이나 궤양 없이 성공적으로 치료되었다.

결론: 피판술이 불가능하고 인대나 골이 노출된 수부, 족부의 개방성 창상에 AlloDerm®과 피부를 이식함으로써 높은 피부이식 생착률을 얻을 수 있고 안정된 창상 재건과 함께 인대의 유착을 예방하여 건 활주 운동을 성공적으로 회복할 수 있다.

색인단어: 수부 손상, 복합 개방성 창상, AlloDerm®, 부분층 피부이식

서론

수부나 족부는 인체의 말단부에 위치하기 때문에 기계적 외상이나 화상에 쉽게 노출된다. 더욱이 수배부(dorsum of hand)는 피부가 얇아 피부가 결손되면 인대가 노출되기 쉽다. 족부 또한 외상으로 인대나 골이 쉽게 노출되어 이를 재건하는 여러 가지 방법들이 연구되어 왔다. 일반적으로 혈액순환이 풍부하지 않은 이러한 하부 구조들이 노출되었을 때는, 드레싱과 항생제 등의 보존적 치료로는 이차적 창상 치유를 기대하기 힘들다. 또한 반흔 구축, 인대 구축이 동반될 경우 인대의 활주 운동이 방해받아 운동 장애가 생길 수 있다. 이러한 수부와 족부의 연부 조직 결손의 재건은 가장 간단한 일차 봉합부터

복잡한 유리 피판술까지 다양하게 고려될 수 있다.

AlloDerm®(LifeCell Corp, Branchburg, NJ, USA)은 사체에서 얻은 피부를 효소 처리를 통해 표피를 분리한 후 면역 반응을 유발하는 항원성과 모든 진피 세포를 제거하여 얻어진 acellular dermal matrix이다¹. 이는 콜라겐 기질(collagen matrix), 탄력소(elastin), 프로테오글라이칸(proteoglycan)과 기저막 복합체(basement membrane complex)로 이루어져 있으며, 연부 조직 결손, 구강 점막 질환, 비 천공, 고막 천공과 복부 결손 등에 사용되고 있다. 2004년 Butler와 Prieto²는 복부 수술에서 AlloDerm®은 이식 후 변성되고 반흔 조직이 적으면서도 혈관이 풍부한 조직으로 대체되어 주위 구조물과의 예방적 방벽을 형성함으로써 유착을 방지하는 것

으로 보고하였다.

저자들은 소아, 고령 환자와 피판술이 어려웠던 환자의 수부와 족부에 생긴 연부조직 결손의 재건을 위해 AlloDerm® 이식술과 부분층 피부이식술을 동시에 시행함으로써 기능적, 미용적으로 좋은 결과를 얻었기에 문헌 고찰과 함께 증례들의 기능 회복 정도를 보고하는 바이다.

대상 및 방법

2006년 12월부터 2009년 2월까지 수부와 족부의 연부 조직 결손으로 본원에 내원한 환자들 중 인대나 골, 골막 등이 노출되어 있으나 피판술을 시행하기 어려웠던 11명의 환자를 대상으로 AlloDerm®과 부분층 자가 피부이식술(split-thickness skin graft)을 동시에 시행하여 재건하였다. 수부가 7예, 족부가 4예이었다.

모든 환자에게서 대부분의 경우 한차례 수술(one-stage operation)로 재건하였지만 필요한 경우, 재건 수술 전에 변연 절제술을 일차적으로 먼저하기도 하였다. 재건 수술은 먼저 변연절제술(debridement)과 이물질 제거(foreign body removal) 시행 후 철저한 지혈(hemostasis)을 하였다. 이후 창상에 AlloDerm® (LifeCell Corp)을 덮고 흡수성 봉합사로 고정하였다. 그 위에 외측 대퇴부를 공여부로 하여 피부채취기(dermatome)를 이용하여 부분층 피부를 얻었다. 피부이식편의 두께는 10/1,000에서 18/ 1,000 inch 정도로 thin-to-medium 두께였다. 피부이식편의 고정에는 비흡수성 봉합사 또는 피부 스테플러(skin stapler)를 이용하였다. 채취의 축적을 예방하기 위해 피부이식편에 띄엄띄엄 절개창(stab incision)을 만들고 바닥 봉합(basting suture)을 가했다. 피부이식된 창상은 일반적인 방법으로 드레싱을 시행하였다. 항생제가 첨가된 연고를 바르고 petrolatum gauze를 덮었다. 거즈를 실로 묶어 고정하는 tie-over 드레싱과 적절한 압박 드레싱(compressive dressing)을 시행하였다. 수술 후 약 일주일간 그람 양성균을 커버하는 주사 항생제를 사용하였고, 수술 후 4-5일째 드레싱을 열어 피부의 생착 상태를 확인하였고 바닥 봉합을 제거하였다. 상지에서는 수술 후 7-8일째, 하지에서는 수술 후 2주째에 모든 봉합사를 제거하였다.

결과

술 후 14-48개월(평균 30개월) 추적 관찰을 하였을 때, 11명의 모든 창상에서 이식된 피부는 특별한 문제 없이 생착되었다. 수술 시간은 평균 2시간 30분이었으며 최장 시간은 3시

Table 1. Demographic data of the patients

Case	Sex	Age (yr)	Cause of injury	Character of the wound	Location	Exposed deep structure	Wound size (cm)	Skin thickness	Op. time (hr)	Complication	F/U (mon)
1	F	10	TA, glass injury	Infected open wound	Rt dorsum of hand	EDC of 2nd & 3rd	7x6	Thin	3	None	48
2	M	9	Escalator belt injury	Infected open wound	Lt dorsum of hand	EDC of 3rd & 4th, 5th	6x6	Medium	2	Hypertrophic scar	26
3	M	45	Scalding burn	Infected open wound	Rt dorsum of hand, wrist	EDC (all), APL, EPL, extensor retinaculum	20x12	Thin	3	None	26
4	F	54	Flame burn	Infected open wound	Rt dorsum of hand	APL, EPL	7x4	Thin	2	None	20
5	M	27	Flame burn	Infected open wound	Rt dorsum of hand	EDC of 3rd & 4th, 5th	10x5	Medium	2.5	Hypertrophic scar	22
6	M	51	Flame burn	Infected open wound	Rt dorsum of hand	EDC of 2nd & 3rd, 4th	4x4	Thin	1.5	None	17
7	F	70	Flame burn	Infected open wound	Rt dorsum of hand	APL	5x4	Medium	2	Partial skin loss	17
8	M	12	TA, Bus run over	1st toe amputation	Rt dorsum of foot, sole	Great toe stump, sole, foot dorsum	15x8	Thin	3	None	47
9	F	55	TA, Bus run over	Ulcerative defect	Lt posterior calf	Tibia	4x3	Medium	1.5	Hypertrophic scar	25
10	F	55	TA, Bus run over	Ulcerative defect	Lt posterior calf	Fascia	10x5	Medium	2	None	20
11	F	43	Necrosis due to herb injection	Infected open wound	Rt heel	Calcaneus	7x8	Medium	2	Partial skin loss	14

Lt: left, Rt: right, Op: operation, F/U: follow-up, EDC: extensor digitorum communis, APL: abductor pollicis longus, EPL: extensor pollicis longus.

간이었다(Table 1). 세 명의 환자에서 술 후 2개월 경 경미한 비후성 반흔(hypertrophic scar)이 발생하였으나 추적 관찰에서 반흔 구축(contracture)이 발생한 예는 없었다. 7명의 환자에서 신전 건의 손상이 있었으며, 이 중 2명의 환자에서 술 후 평균 30개월의 추적 관찰이 가능하였다. 신전 건이 노출된 수배부의 개방성 창상을 갖고 있던 이들 2명의 환자에서 AlloDerm®과 자가 피부이식을 병행하여 시행한 후 노출되었던 다섯개의 신전 건의 기능 회복의 정도를 분석하였다. 이를 위해 손가락 각 관절의 능동 운동 범위를 측정하고 이를 합산하여 total range of active motion (TRAM)의 범위로 삼고 반대측 정상 수지의 TRAM (Table 2^{3,4})과의 백분율로 환산함으로써 비교하였다. 평균 TRAM은 해당 정상 수지의 89.2% 수준이었다(Table 3).

1. 증례 1

10세 여자 환자로 자동차를 타고 가던 중 차가 전복되는 사고로 오른쪽 손을 유리창에 부딪혀 생긴 손등의 연부 조직 결손을 주소로 내원하였다. 내원 당시 두 번째와 세 번째 손가락의 등쪽 부위에 피부 전층과 피하층을 포함한 연부 조직 결손이 있었으며, 인지와 중지의 신전 건이 노출되어 있었다. 입원 후 7일간 고식적 치료로서 육아 조직의 형성을 유도하였다. 이

후 AlloDerm® 이식술 및 부분층 피부이식술을 시행하였다. 수술 후 특별한 합병증은 병발하지 않았다. 이식된 피부는 완전히 생착되었고 궤양이나 불안정 창상은 발생하지 않았다. 술 후 48개월에 측정한 두 번째와 세 번째 손가락의 평균 TRAM은 정상 수지의 86.5% 정도였다(Fig. 1).

2. 증례 2

9세 남자 환자로 백화점 에스컬레이터 벨트에 왼쪽 손이 말려 들어가면서 발생한 손등의 연부 조직 결손으로 내원하였다. 환아는 내원 당시 단순 방사선 촬영에서 골절은 없었으며 연부 조직은 손등과 셋째, 넷째, 다섯째 손가락의 등쪽 부분에 신전 건이 노출을 포함한 벗겨짐 손상이 있었다. 각 신전 건의 운동 장애는 없었다. 수상 후 입원하여 일주일간 주사 항생제 치료를 시행하고 육아 조직의 형성을 확인하였다. 이후 과사 조직을 제거한 후 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 손가락 신전 건의 노출을 확인하였고, 변연절제술, AlloDerm® 이식술, 부분층 피부이식술을 시행하였다. 수술 시간은 2시간이었고, 수술 후 특별한 합병증은 병발하지 않았다. 수술 후 5일째 첫 드레싱을 교환하였고 이후 2일마다 드레싱을 교환하면서 피부이식 상태를 확인하였다. 이식된 피부의 손실 및 감염은 없었으며 술 후 8일째 퇴원하였다. 술 후 26개월에 측정한 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 손가락의 평균 TRAM은 정상 수지의 91% 정도였다(Fig. 2).

고찰

상지나 하지 말단부에 외상이나 화상 또는 종양 제거 후 발생한 연부 조직 결손은 건이나 골 등 심부 구조의 노출을 동반하기 쉽다. 이러한 경우, 가장 간단한 방법인 일차 봉합을 생각해 볼 수 있겠지만, 대부분의 경우 불가능한 경우가 많다. 따라서 유경 피판(pedicled flap) 혹은 유리 피판(free flap)을 이용한 재건이 가장 이상적이다. 임상적으로 골수염이나 건막

Table 2. Normal range of motion^{3,4} in each digit and their cumulative range of motion (°)

Joint	Thumb (°)	Fingers (°)
DIP		70
PIP (IP for thumb)	80	100
Cumulative	80	170
MP	60	90
Cumulative	140	260
C-MC for thumb	45	
Cumulative	185	

DIP: distal interphalangeal, PIP: proximal interphalangeal, IP: interphalangeal, MP: metacarpophalangeal, C-MC: carpometacarpal.

Table 3. Postoperative TRAM of 5 digits in 2 patients with compound dorsal hand injuries

Case	Name	Sex	Age	Cause of injury	Lt/ Rt	Exposed	TRAM (°)	Normal TRAM (°) ³	% Normal	Mean of case (%)	F/U (mon)
1	Lee	F	10	TA, glass injury	Rt	Index	230	260	88.5	86.5	48
						Middle	220	260	84.6		
2	Nam	M	9	Escalator belt	Lt	Middle	240	260	92.3	91.0	26
						Ring	240	260	92.3		
						Little	230	260	88.5		
						Mean	232	260	89.2		37.0
						SD	8.4		3.2		

TRAM: total range of active motion, Lt: left, Rt: right, F/U: follow-up, TA: traffic accident, SD: standard deviation.



Fig. 1. Photographs of the hand in 10-year-old female who underwent AlloDerm® graft and split thickness skin graft for wound reconstruction. Preoperative (A) and immediate postoperative (B), postoperative 4 months (C), and 48 months (D) photographs. Total range of motion of the index and middle fingers was 86.5% of the normal side.

염(tenosynovitis)이 의심될 때는 혈액 순환이 풍부한 피판을 사용하는 것이 좋다. 하지만 소아나 노인, 전신상태가 불안정한 환자에서는 피판술을 적용하기 힘들고, 장기간의 입원과 치료로 인해 많은 시간이 필요로 하게 된다. 또한 피판 이전술은 피부이식술보다 실패율이 높고, 실패하면 공여부의 유병 등 그 후유증이 훨씬 심각하다. 공여부에 따라서는 심각한 조직 결손 혹은 장애가 발생할 수도 있다. 또한 피판의 특성상 이전 후 필요 이상의 용적으로 인해 이차적 수술이 필요한 경우가 생길 수 있다.

따라서 보다 간단하고 수월하게 재건이 가능하고 환자의 위험 부담이 적은 여러 방법들이 연구되고 있는데, 그 중 인공 진피(artificial dermis)와 피부이식을 이용한 재건 방법이다. 일반적으로 피부이식의 생착은 수혜부 바닥으로부터 자라 올라오는 혈관과의 접촉으로 이루어지므로 수혜부가 건이나 골 혹은 골막이 노출되어 혈액순환이 좋지 않은 경우 완전한 생착을 기대하기 힘들다. 그러나 최근 Chen 등⁵은 골 혹은 골막이 노출된 하지의 연부 조직 결손 환자에서 일차로 인공 진피

(artificial dermis)를 이식하고 2-4주 후 자가 부분층 피부이식을 하여 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 또한 2008년에 Jung 등⁶은 두피에 두개골이 노출된 연부 조직 손상 환자에서 두개골 바깥 층을 제거 후 AlloDerm®과 부분층 피부이식을 이용해 피복한 증례를 보고하였다. 2008년에 Wong 등⁷이 쥐 실험을 통해 AlloDerm®이 이식 후 약 3일경부터 신생 혈관 생성을 일으킨다고 보고하였다. 기존의 여러 연구 결과들을 종합해볼 때, AlloDerm®과 자가 부분층 피부이식을 병행할 경우 혈액 순환이 좋지 않은 연부 조직 결손 부위를 재건하는데 있어 기능적으로, 외형적으로 비교적 만족할 만한 결과를 얻을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 수부나 하지에 건, 골, 골막이 노출된 결손부위에 AlloDerm®과 피부이식술을 동시에 시행하였고, 모든 증례에서 피판술 못지 않게 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 특히 수부의 복합 손상인 경우 인대의 유착 없이 활주 운동(gliding motion)을 회복하는 것이 재건의 핵심인데, 본 연구에서 수술 후 평균 30개월 추적 관찰 했을 때 반대편 손과 비교하여 평균



Fig. 2. Photographs of the hand in 9-year-old male who underwent AlloDerm® graft and split thickness skin graft to cover and exposed 3rd, 4th, 5th extensors on the dorsum of left hand following avulsion injury by escalator belt (A-C). Twenty six months after operation, total range of motion of the 3rd, 4th, 5th fingers was 91% in average of the normal side (D-F).

89.2%의 능동 운동 범위를 회복하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 2007년 Choi 등⁸이 토끼 실험에서 파열된 굴곡 건의 일차 봉합 부위에 AlloDerm®을 감싸 건 주위 유착(peritendinous adhesion)이 방지됨을 확인한 결과와 일치한다. 또한 요골 전완 피판(radial forearm flap)의 공여부를 AlloDerm®을 이용해 피복한 경우에도 건의 유착을 예방할 수 있다고 보고하였다⁹. AlloDerm®이 여러 연구에서 유착을 방지한다고 알려져 있지만 자세한 기전은 아직 밝혀지지 않았다. 아마도 창상의 안정화와 관련이 있을 것으로 생각된다. 최근 Yim 등¹⁰이 보고한 연구에서 AlloDerm®을 이용해 재건한 화상 창상에서 trans-epidermal water loss가 더 안정적이라는 결과를 얻었다.

본 연구에서는 건이 노출된 수부와 골이 노출된 하지의 연부 조직 결손이 있으면서 피판술을 사용할 수 없는 경우에서 AlloDerm®과 자가 부분층 피부이식술을 동시에 시행함으로써 기능적으로, 외형적으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

결론

저자들은 건이나 골이 노출된 수부, 족부의 개방성 창상에

AlloDerm®과 자가 피부를 동시에 이식하여 치료하였다. 이는 기술적으로 비교적 쉬울 뿐 아니라 수술 시간도 기존의 피판술보다 훨씬 단축시킬 수 있다. 또한 안정적인 피부이식 생착률을 기대할 수 있고 안정된 창상 재건과 함께 인대의 유착 없이 활주 운동 능력을 회복하여 만족할 만한 치료 결과를 얻을 수 있다.

참고문헌

1. Butler CE, Langstein HN, Kronowitz SJ. Pelvic, abdominal, and chest wall reconstruction with AlloDerm in patients at increased risk for mesh-related complications. *Plast Reconstr Surg.* 2005;116:1263-75.
2. Butler CE, Prieto VG. Reduction of adhesions with composite AlloDerm/polypropylene mesh implants for abdominal wall reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2004;114:464-73.
3. Rondinelli RD. Clinical measurement of motion in upper extremity. In: American Medical Association, editor. *Guides to the evaluation of permanent impairment.* 6th ed. Chicago: American Medical Association;

2008. p459-78.
4. Tark KC, Kim YW, Lee YH, Lew JD. Replantation and revascularization of hands: clinical analysis and functional results of 261 cases. *J Hand Surg Am.* 1989;14:17-27.
 5. Chen X, Chen H, Zhang G. Management of wounds with exposed bone structures using an artificial dermis and skin grafting technique. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2010;63:e512-8.
 6. Jung SN, Chung JW, Yim YM, Kwon H. One-stage skin grafting of the exposed skull with acellular human dermis (AlloDerm). *J Craniofac Surg.* 2008;19:1660-2.
 7. Wong AK, Schonmeyer B, Singh P, Carlson DL, Li S, Mehrara BJ. Histologic analysis of angiogenesis and lymphangiogenesis in acellular human dermis. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121:1144-52.
 8. Choi CY, Song JW, Kim JH, Choi HJ, Lee YM. The effect of alloderm on prevention of adhesions following tenorrhaphy in the rabbits. *J Korean Soc Plast Reconstr Surg.* 2007;34:765-70.
 9. Rowe NM, Morris L, Delacure MD. Acellular dermal composite allografts for reconstruction of the radial forearm donor site. *Ann Plast Surg.* 2006;57:305-11.
 10. Yim H, Cho YS, Seo CH, Lee BC, Ko JH, Kim D et al. The use of AlloDerm on major burn patients: AlloDerm prevents post-burn joint contracture. *Burns.* 2010;36:322-8.

Treatment of Complex Open Wounds Using AlloDerm® in Hand and Foot

Hyung Min Hahn, MD¹, Dong Won Lee, MD¹

Sug Won Kim, MD, PhD², Kwan Chul Tark, MD, PhD, FACS¹

¹Institute for Human Tissue Restoration, Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

²Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

Purpose: The purpose of this study is to evaluate the functional and aesthetic outcomes of the reconstruction of complicated open wounds with exposure of the bone, periosteum, or tendon using AlloDerm® and skin graft in hand and foot.

Materials and Methods: Seven cases of hand and 4 cases of foot were treated with combined AlloDerm® graft and split thickness skin graft in a single stage for managing the soft tissue defect of extremities where bone, periosteum, or tendon were exposed but flap operation was not feasible. The mean postoperative follow-up period was 30 months (range: 14-48 month). Postoperatively, we assessed graft taking rate, wound healing process, and the recovery of motion of hand and foot.

Results: AlloDerm® and skin graft were readily assimilated into the wound in all cases. The mean postoperative range of motions of the 5 fingers with exposed digital tendons were 89.2% of the normal side. Reconstructions of wound in the foot were successfully settled without unstable scar or ulcer in all cases.

Conclusion: Composite grafting with AlloDerm® and autologous skin graft for reconstruction of complex open wound in hand and foot where deep structures are exposed provides stable reconstruction of the wound with high taking rate, successful recovery of tendon gliding motion by preventing adhesion.

Keywords: Hand injury, Complex open wound, AlloDerm, Split-thickness skin graft

Received: April 4, 2011 **Revised:** April 29, 2011

Accepted: May 4, 2011

Correspondence to: Kwan Chul Tark, MD, PhD, FACS

Department of Plastic & Reconstructive Surgery, Yonsei University College of Medicine,
134 Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea

TEL: +82-2-2228-2214 FAX: +82-2-393-6947 E-mail: kctark@yuhs.ac